

L'estimulació medul·lar
transcutània en pacients amb
Lesió medul·lar, per a la millora
de la funció respiratòria en la
fase espiratòria

Treball Fi de Màster

Màster en Neurorehabilitació



Autora: Judit Salinas Casanova

Tutora: Dra. Hatice Kumru

31 de Maig de 2022

Índex de Contingut

1	INTRODUCCIÓ.....	2
1.1	Lesió Medul·lar	2
1.1.1	Definició:	2
1.1.2	Fisiopatologia	3
1.1.3	Avaluació i classificació de la LM:.....	4
1.2	El Sistema Respiratori.....	5
1.2.1	Mecànica de la respiració.....	7
1.2.2	La regulació del Sistema Nerviós Central	8
1.2.3	Descripció de Volums	11
1.3	Les complicacions respiratòries en la Lesió Medul·lar	12
2	ANTECEDENTS	13
2.1	Entrenament muscular Respiratori	13
2.2	Estimulació Elèctrica Funcional Abdominal	13
2.3	Estimulació epidural espinal.....	14
2.4	Estimulació medul·lar transcutània.....	14
3	OBJECTIUS	16
4	HIPÒTESIS	16
5	METODOLOGIA.....	16
5.1	Participants.....	16
5.2	Disseny de l'estudi.....	17
5.3	Procediments	18
5.3.1	Valoració.....	18
5.3.2	Paràmetres de l'estimulació.....	20
5.3.3	Paràmetres de l'exercici	20
6	ANÀLISIS I RECOLLIDA DE DADES	21
6.1	Resultats preliminars.....	22
7	RESULTATS ESPERATS.....	22
8	VALORACIÓ CRÍTICA I CONCLUSIONS.....	23
9	BIBLIOGRAFIA	25
10	ANNEXES	28

1 INTRODUCCIÓ

El fenomen de la respiració, te per objectiu fer intercanvi de gasos, CO₂ per O₂, regulació del pH corporal, mantenir el balanç hídric, la fonació i la termoregulació de les funcions endocrines. (1)

En la Lesió Medul·lar (LM), la funció respiratòria es pot veure afectada de diferents maneres, dependrà del nivell i la severitat de la lesió. Com més alta és la lesió, hi haurà més alteració en el cicle respiratori. De manera que en les lesions cervicals altes, es veurà compromesa la musculatura inspiratòria (per afectació del centre del diafragma) i espiratòria, mentre que si descendeix el nivell de lesió es veurà més accentuat el dèficit espiratori.

Per tant, cal conèixer en profunditat el sistema respiratori, tant a nivell d'estructures que intervenen en la pròpia funció, com l'organització de la medul·la i l'afectació per nivells.

Una bona valoració ens ajudarà a detectar les mancances i a definir una estratègia, adaptada a les possibilitats de cada pacient, per a la millora de la funció i la prevenció de patologies comuns com l'atelèctasi, edemes pulmonars, pneumònies entre d'altres.(2)

Per prevenir les complicacions mencionades anteriorment trobem la necessitat de l'expulsió d'esput. Per tant, ser capaç de fer la força necessària per a realitzar una tos efectiva i productiva serà bàsic. És per aquest motiu que cal trobar mètodes per rehabilitar aquesta funció.

Una de les vies d'investigació en la darrera dècada és l'estimulació epidural (SCS), en el camp del dolor neuropàtic. DiMarco(3–8), impulsa principalment la SCS ventral en la funció respiratòria, buscant una millora tant en la inspiració com la espiració. En aquests estudis, donen resultats en aproximadament vuit setmanes, combinant amb protocols d' Entrenament Respiratori(RTM).

Per altra banda, la SCS, no esta excenta de riscos. La United States Food and Drug Administration reporta que entre 2008 i 2017 a EEUU s'implanten 600000 sistemes, i en un 30% de les persones es van veure afectades per diversos efectes secundaris (infecció, hematoma, fibrosis, migració d'electrodes)(9) i una anàlisis del 2019, reporta un 47% de les complicacions estaven relacionades amb els propis dispositius (durant el procés d'implantació o bé característiques pròpies del pacient com al·lèrgies o comorbiditats)(3).

Com a alternativa presentem l'estimulació medul·lar transcutània (tSCS), és una tècnica d'intervenció derivada de la SCS, no invasiva, que permet modular l'estat fisiològic de la medul·la espinal(10). Consisteix en l'aplicació de corrents al nivell medul·lar d'interès, facilitant l'activació dels Generadors Centrals de Patrons de moviment (CPG). El camp amb més interès i actualment és la marxa.

Per tant, la possibilitat d'activar xarxes neuronals motores dins de la medul·la espinal mitjançant un mètode d'estimulació no invasiu, obre una finestra terapèutica per al tractament dels trastorns motors.

1.1 Lesió Medul·lar

1.1.1 Definició:

Anomenem Lesió Medul·lar a la pèrdua o alteració de la mobilitat, sensibilitat o del sistema nerviós autònom ocasionat per un trastorn de les estructures nervioses allotjades al canal

medul·lar. Aquesta lesió, pot resultar ser directa a la mateixa medul·la o bé indirecta per dany a les estructures òssies, teixits o vasos sanguinis que la rodegen. Depenent de la localització de la lesió, podrà afectar a òrgans pelvians, extremitats tant inferiors com superiors, tronc i abdomen. Tanmateix, no es considera LM aquelles que pertanyen al sistema nerviós perifèric, com les neuropaties i els plexes (11)

Les funcions de la medul·la són:

- Actes reflexes: Donar resposta a un estímul sense la participació del còrtex. En el circuit reflex participa l'estructura o òrgan que rep un estímul, es conduit per impulsos fins a la neurona sensitiva, sinapta amb interneurona i d'aquí a la motora de l'asta anterior, fins projectar a una altra estructura on es realitza el moviment de resposta.

- Conduir els impulsos a través dels tractes:

Tractes ascendants: Duen la informació sensitiva a estructures superiors, arribant o no al nivell de consciència. Tracte espinotalàmic, Cords dorsals :fascicles gràcil i cuneiforme, Tractes espinocerebelosos anterior i posterior.

Tractes descendents: s'originen a estructures superiors, còrtex cerebral, cerebel·lós o tronc de l'encèfal. Projecta a estructures perifèriques, i la informació va relacionada amb el control motor, el moviment, el to muscular i la modulació del sistema nerviós autònom. Tracte corticoespinal anterior i lateral, Tracte corticonuclear, Tracte rubrospinal, Tracte tectospinal, Tracte vestibulospinal, Tracte reticulospinal. (12)

1.1.2 Fisiopatologia

Descrivim les possibles causes de la LM:

- Maceració medul·lar: la morfologia del cordó esta distorsionada.
- Laceracions del cordó: ferides de bala o ganivet
- Contusió: condueix a hematomèlia central, podria evolucionar a siringomièlia. 25-40%
- Lesió solida: no hi ha focus central de necrosis

El desenvolupament de la LM implica dos processos, la lesió primària i la secundària.

En la lesió primària, inclou el traumatisme mecànic inicial causat per la energia directa a la medul·la i les estructures neurals. Produeix una distorsió del cordó, amb disrupció axonal i de les membranes cel·lulars. Aquest fet desencadena a microhemorràgies en la matèria gris i infarts locals, dany vascular i apoptosis cel·lular a les hores successives a la lesió. En el moment en el que el segment medul·lar de la lesió presenta una inflamació que sobrepassa la pressió capil·lar venosa, apareix la isquèmia secundària.(13)

La isquèmia secundària activa la cascada bioquímica, que afavoreix l'alliberació de substàncies tòxiques de les membranes neuronals lesionades.

L'alliberació de tòxic, en concret, el glutamat, incrementa la excitació de les cèl·lules neuronals perifèriques, potenciant l'entrada de Ca⁺. Aquest fet, genera un canvi hidroelèctric que agreuja l'estat de les neurones circumdants, que eren indemnes, ara en estat de necrosis o apoptosis.

Afecta també a la substància blanca i la propagació dels potencials d'acció per la medul·la, afavorint les conseqüències del shock medul·lar.

La lesió secundària, no només afecta a les neurones en si, també als oligodendroctis, trobem que axons indemnes perilesionals es troben en estat de desmielinització, i per tant amb una afectació a la conducció elèctrica.

1.1.3 Avaluació i classificació de la LM:

L' International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury (ISNCSCI) és una eina que s'utilitza per classificar la LM, el seu nivell neurològic i valora les capacitats motores i sensitives.

L'ISNCSCI defineix el nivell neurològic com el més caudal nivell en què les funcions sensorials i motrius estan intactes. D'acord amb la American Spinal Injury Association (ASIA), es farà la valoració mitjançant l'American Impairment Scale (AIS).(14) [\(ANNEXE 1\)](#)

Nivell neurològic de la lesió esta determinat per la funció sensitiva i motora antigravitatòria preservada localitzada per sobre del segment més rostral afectat. Podem trobar que una mateixa lesió te diferents nivells motors i sensitius, i els hemicossos també heterogenis.

L'Escala AIS estableix 5 categories per classificar la severitat de la lesió:

- GRAU A: Lesió completa. No hi ha preservació motora in sensitiva als segments sacres.
- GRAU B: Lesió incompleta. Hi ha preservació de la funció sensitiva, però no de la motora, en els segments sacres més distals S4-S5. I no preserva la funció motora a 3 nivells per sota de la lesió.
- GRAU C: Lesió incompleta. Hi ha sensibilitat preservada i parcialment motora. La meitat dels músculs clau infralesionals tenen una valoració inferior a 3 a l'escala de Daniels.
- GRAU D: Lesió incompleta: Sensibilitat preservada i funció motora parcialment, la meitat dels músculs clau infralesionals amb una valoració superior a 3 en l'Escala de Daniels.
- GRAU E: Normalitat neurològica. La funció sensitiva i motora estan totalment preservades. (10)(15)

Per determinar el nivell neurològic: Nivell més caudal de la medul·la amb sensibilitat intacta i força en els músculs antigrauatoris (valor de 3 o més a l'Escala de Daniels), sempre i quan la funció sensitiva i motora rostralment es troba intacta.

Segons el nivell de lesió AIS determina:

- Tetraplegia com la pèrdua o deteriorament de la funció motora o sensitiva en els segments cervicals de la medul·la, causat per una lesió als elements neurals centrals. Aquesta simptomatologia es dona a extremitats superiors, tronc, extremitat inferiors i òrgans pelvians.
- Paraplegia com la pèrdua o deteriorament de la funció motora i/o sensorial en els segments toràcics, lumbars i sacre, excloent els segments cervicals. No hi ha afectació a l'extremitat superior, però depenent del nivell de lesió, el tronc, extremitats inferiors i òrgans pelvians es veuen involucrats.(14)

Nivell sensorial: Es realitza un examen dels punts sensorials claus en cadascun dels 28 dermatomes, bilateralment. Indica el nivell el segment caudal més preservat en sensibilitat tàctil i dolorosa.

Nivell motor: Es realitza una exploració de la musculatura clau dins dels 10 miotomes, bilateralment. Indica el nivell el múscul clau del segment més caudal que té un grau 3 en l'escala de Daniels. ([ANNEXE 2](#))

El resultat de l'exploració motora i sensitiva és necessari per a completar l'Escala AIS.

1.2 El Sistema Respiratori

El sistema respiratori està format per les estructures pròpies, que permeten l'intercanvi de gasos. Però aquestes necessiten les estructures accessòries, com seria la musculatura i les pleures, que sense el seu bon funcionament no es podria dur a terme la funció.

Estructures pròpies:

- Fosses nasals: dues cavitats que connecten el nas i la faringe. Els cornets conformen la part lateral, i la seva funció es termoregular l'aire que penetra, i ofereixen resistència al flux. (16)
- Faringe: és un element comú del sistema respiratori i digestiu. (17) Podem separar nasofaringe, orofaringe i laringofaringe, en aquesta última es bifurca la via respiratòria i la via digestiva.
- Laringe: Situada entre C5- C6 en l'adult, permet el pas de l'aire i es l'òrgan de la fonació. Es continua amb la tràquea. La paret laríngia mai pot col·lapsar-se, ja que està permanentment oberta per permetre el pas de l'aire.
- Tràquea: Té una extensió de 12 cm, la paret traqueal està constituïda per 16-20 anells fibrosos.
- Bronquis: Es divideix en múltiples branques per crear l'arbre bronquial. El bronqui principal dret, es divideix en 3 branques: lobar superior, lobar mig i lobar inferior. Es van ramificant en el seu pas, 23 vegades. Les 16 primeres generacions conformen la zona de conducció dels gasos. Un cop arribats als alvèols, és als sacs alveolars on s'hi desenvolupa l'intercanvi de gasos, constituint les 7 generacions restants, en la zona de transició. Els alvèols estan recoberts per cèl·lules epitelials que secreten surfactant i altres cèl·lules del sistema immunològic, vetllant pel seu manteniment. Les parets es troben innervades per SNA (Sistema Nerviós Autònom).(18)
- Pulmons: Els pulmons, dret i esquerra diferenciats, estan formats per lòbuls, seguint les ramificacions dels bronquis: Com que trobem el cor a l'hemitòrax esquerra, el pulmó esquerra té dos lòbuls, inferior i superior. Al pulmó dret, lòbul superior, mig i inferior.

Estructures accessòries:

- Pleura: És una membrana serosa que envolta el pulmó i la caixa toràcica. Recobreix tot el parènquima pulmonar, i parlem de pleura visceral, que està adherida al pulmó i parietal que recobreix la caixa toràcica.
- Caixa toràcica: Cavitat osteocartilaginosa, situada a la regió superior del tronc. Formada per columna dorsal, costelles i estèrnum. Aquestes estructures estan unides entre si de forma mòbil, per lligaments i articulacions.(16)
- La musculatura encarregada de dur a terme la respiració per excel·lència és el **diafragma**. Està innervat per nervi frènic, que té origen espinal entre C3 i C5. (19)El diafragma és una cúpula que es troba inferior als pulmons. Quan fa contracció, descendeix deixant pas a l'entrada d'aire als pulmons i per tant la seva expansió. És el responsable del 75% de la inspiració.
- Porció costal: amb inserció a les costelles, rodejant la base de la caixa toràcica

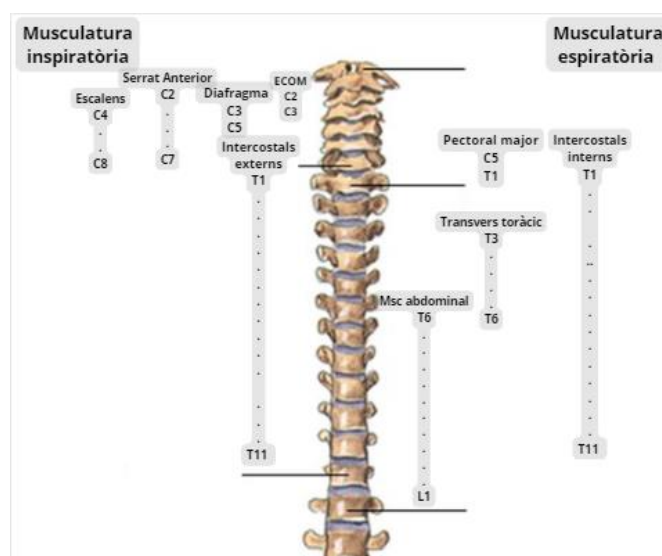
- Porció crural: les fibres unides als lligaments intervertebrals.
- Tendó central: inserta a les fibres costals i crurals. (16)

Tenim també la musculatura **complementària o accessòria**, que ens faria la funció d'inspiració forçada, quan es requereix de més volum inspiratori com seria la necessitat d'hiperventilar:

- Intercostals externs: Ocupen l'espai entre cada costella de manera obliqua i descendent, solapant-se per davant de cada costella. Innervats per nervis intercostals espinals entre T1-T11 (19). Amb la funció d'eleva les costelles.
- Esternocleidomastoidal: Té origen esternal i clavicular, i s'inserta a l'apòfisis mastoïdes i occipital. Innervat per l'arrel espinal del nervi accessori i arrels espinals de C2-C3. (19)
- Serrat anterior: Situat a la cara lateral del tòrax, dirigit cap a anterior. Innervat per nervi toràcic llarg, origen entre C2-C7. (16,19)
- Escalens: S'originen a les apòfisis transverses de les vèrtebres cervicals de C2-C7 i s'insereixen a la primera i segona costelles. Són innervats per les branques anteriors dels nervis espinals C4 a C8.

Musculatura implicada en la espiració forçada:

- Intercostals interns: nervis intercostals que surten de nervi espinal de T1 a T11. La seva forma es obliqua i descendent però a diferència dels externs, els interns passen per darrere de cada costella. Amb la funció de descendir les costelles.
- Pectoral major: S'origina en la meitat medial de la vora anterior de la clavícula, cara anterior de l'estèrnum, 6 primers cartílags costals i aponeurosi de l'oblic extern, per després inserir-se al llavi extern o lateral de la corredissa bicapital de l'os de l'húmer. Està innervat pels nervis pectorals medial (C8 i T1) i lateral (C5, C6 i C7), que tenen origen al plexe braquial.
- Transversos toràcics: Situat darrere l'estèrnum, on s'origina, i va en direcció als cartílags costals. Innervats per nervis intercostals que surten de nervi espinal de T3 a T6.
- Oblic major: Originat a cresta ilíaca, i amb inserció a cartílags costals. Amb innervació dels últims intercostals espinals i plexelumbar: abdominogenital major i menor
- Oblic menor: Origen a la cara externa de les últimes 7 costelles, amb direcció descendent fins a Espina Ilíaca Antero-Superior. Innervat per nervi intercostal inferior i branques abdominogenitals, arrels espinals entre T7 i L1.(16,19)



A la cara interna, o mediastí, es localitza l'hili pulmonar, és una zona que dona pas als elements del peduncle pulmonar: arteries i venes pulmonars, sistema limfàtic i nerviós.

1.2.1 Mecànica de la respiració

Per generar l'intercanvi de gasos, diferenciem la funció respiratòria en respiració interna i externa.

En la **respiració interna** es té en compte:

- El Transport, és a dir, la circulació dels gasos per l'organisme a través de les artèries i les venes. Del tronc pulmonar, que surt del ventricle dret, es dirigeix al pulmó, on es produeix l'intercanvi de gasos i retorna al cor, a través de les venes pulmonars que desemboquen a aurícula esquerra, fins a retornar a la circulació sistèmica.(17) Paral·lelament trobem la circulació bronquial, subjacent d'aquesta i amb menys dimensions, fent anastomosis d'arteries bronquials amb pulmonars, creant una xarxa per alimentar als capil·lars, aquests drenen a les venes bronquials fins a vena òcigós.(1)
- El Consum d'oxigen que gasta el teixit de l'òrgan en el qual estem donant oxigen.
- La Producció, el diòxid de carboni que allibera el teixit cap a la vena que anirà al pulmó.

En la **respiració externa** se'n compten tres conceptes:

- Difusió: és l'intercanvi de gasos a nivell de la membrana alveolo- capil·lar. L'O₂ i el CO₂ es desplacen entre l'aire i la sang per difusió o difusió per gradients de concentració, l'oxigen que ha entrat per les vies respiratòries durant la inspiració abandona l'alvèol i passa al capil·lar (sang) i la sang rica en diòxid de carboni passa del capil·lar a l'alvèol, es produeix un flux net de molècules sense que existeixi aportació externa d'energia, i aquest va a través de les vies respiratòries a l'exterior (expiració).
- Perfusió: és el flux de sang que es distribueix a través dels capil·lars respiratoris de manera homogènia. Depèn de l'arteria pulmonar i és continu. Hi ha d'haver una bona relació entre ventilació i perfusió, no serviria de res renovar l'aire però que els gasos es difonguessin lliurement. És indicador de patologia. (18)
- Ventilació: És el procés pel qual es renova de forma continua el gas alveolar, l'entrada des del nas, fins a l'ací alveolar i sortir. És un canvi rítmic d'eixamplament i estrenyiment del tòrax, i amb ell el canvi de volums pulmonars. L'augment del volum pulmonar, provoca una disminució de la pressió intrapulmonar, per tant la inspiració. La disminució del volum pulmonar, provoca un augment de la pressió intrapulmonar, per tant la expiració.

Al crear aquesta pressió a la inspiració, per part de diafragma i músculs intercostals, l'aire es aspirat en "efecte fuelle".

Fase inspiratòria

Aquesta funció vital s'inicia a les fosses nasals. On s'inspira un volum d'aire de 500mL, ric en oxigen. Continua en sentit descendent pel conducte de la faringe i laringe, l'Aditus laringi, està obert al respirar i deixa pas a l'aire (en cas de deglució, aquest es tancaria produint l'ascens de la laringe, al mateix temps que la baixada de l'epiglòtides, per evitar la broncoaspiració). Separa les

cordes vocals a través dels músculs adductors laringis per deixar pas a l'aire, arribant a la tràquea, i finalment als pulmons. (18)

Durant la inspiració, les costelles son elevades per intercostals externs, i escalens, el seu moviment es en *asa de cubo*. Les cúpules diafragmàtiques descendeixen, per la contracció. (18)

Fase espiratòria

Després de generar l'intercanvi de gasos, espirem un volum de 350 mL, ric en CO₂ i altres gasos de rebuig. Segueix la mateixa via, de forma ascendent, i pot arribar sortir aire per la boca.(18)

Durant l'inspiració el tòrax es torna a estrènyer en totes les direccions. No requereix energia muscular, es genera la espiració per la igualtat de pressions entre la força de retrocés del pulmó i la toràcica. Els músculs que actuen a la inspiració es relaxen, i el pulmó es contrau com al resultat de l'alliberació d'energia, emmagatzemada al teixit connectiu.(18,19)

Espiracions forçades

- La tos s'inicia amb una profunda inspiració (Fase inspiratòria), a un 75% de la Capacitat Vital, seguida del tancament de la glotis juntament amb la contracció de la musculatura espiratòria abdominal (Fase Compressiva), aquesta acció fa augmentar la pressió intrapleural a 100mmHg o més i finalment una espiració forçada (Fase Expulsiva) amb glotis oberta on hi surt un flux d'aire d'entre 6 i 20 L/s. (18).

Classifiquem el flux de la tos segons:

- La tos espontània: >270
- Tos dèbil: 270-160
- Tos totalment ineficaç: 4,5 litres/ segon).

Per tant, per a que la tos sigui efectiva, necessitem un Flux Espiratori Màxim (FEM) de 270L/min. (2)

- L'estornut és un esforç espiratori semblant a la tos, amb glotis oberta en tot moment. Aquest reflexe conserva les vies respiratòries netes, expulsant-ho al exterior.

1.2.2 La regulació del Sistema Nerviós Central

La respiració és una funció involuntària, i es duu a terme sense estar pensant constantment en fer-ho. Tot i així la modifiquem si és necessari, tant conscientment, com inconscientment.(18)

Així doncs, trobem dos mecanismes neurals diferenciats que regulen la respiració: el sistema voluntari i el sistema automàtic.

L'automàtic o involuntari, esta impulsat per una sèrie de motoneurons marcapassos específiques del bulb raquidi, aquests nuclis, projecten a les motoneurons cervicals i toràciques que innerven al diafragma, mitjançant el nervi frènic, i altres músculs respiratoris toràcics.(18)

Per tant trobem un seguit de nuclis que creen una xarxa neuronal per poder dur a terme la funció respiratòria: (20)

- El grup respiratori pontí, inclou el nucli Kölliker-Fuse, es correspon al centre neumotàxic. Controla el ritme de la respiració, i la integració d'aferències mecàniques. Projecta a l'amígdala, hipotàlem i altres estructures suprapontines.

- El grup respiratori dorsal, localitzat al nucli del fascicle solitari (NTS) rep les aferències de les cèl·lules barorreceptores, cardíaques i arterials. Per tant té la funció d'integració de diferents reflexes respiratoris i cardiovasculars.
- El grup respiratori ventral (VRG), consisteix en una columna de neurones localitzades a nivell del bulb ventrolateral, de manera bilateral. Inclou el complex Botzinger.
 - Complex Botzinger, conté les neurones espiratòries que inhibeixen a les inspiratòries, al propi VRG i les seves projeccions a la medul·la. (20)
 - Complex pre-Bötzing (pre-BötC), Aquestes neurones produeixen descarregues rítmiques a les neurones motores frèniques, serien el nostre marcapassos. Segons Smith et al. (21) juntament amb pre-BötC, el nucli i nervis hipoglòs es on es registra i integra l'activitat motora rítmica de la respiració. Per tant és on s'ubica el Generador Central de Patró (CPG) de la funció respiratòria. (18)
En estudis en rates *in vivo* s'ha conclòs que el complex pre-BötC envia projeccions contra laterals a PreBotC, ipsilaterals i contra laterals al BotC, al grup respiratori ventral i caudal, al grup respiratori parafacial, nucli parahipoglòs, nucli del tracte solitari, nucli de Kölliker-Fuse i substància gris periaqueductal. (22)
 - Nucli retroambiguu, conté neurones espiratòries bulboespinals que projectes a motoneurones intercostals i abdominals. (20)

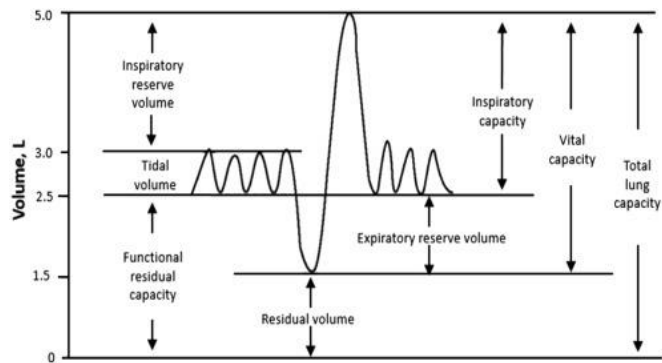
La regulació ve donada per modificacions en la PO₂, PCO₂ i la concentració d'H⁺. Si augmenta la concentració en sang d'aquests últims, generarà una hiperactivitat a les neurones, si per contrari hi ha una disminució en la concentració, produirà un efecte inhibitor a nivell central, concretament a NTS, que son sensibles a la hipòxia i hipercàpnia. El control químic es superposa a la respiració bàsica. Les variacions venen donades pels quimiorceptors respiratoris dels cossos carotidis i aòrtics. (18)

Els cossos carotidis es troben a prop de la bifurcació carotídia, ambdós costats, i també cossos aòrtics a prop del callat aòrtic, s'anomenen cèl·lules de glomo. Aquestes en situació d'hipòxia o exposició a cianur alliberen dopamina com a neurotransmissor per les aferències dels nervis glossofaríngeis i pel sí carotidi, fins al bulb raquídi. Les aferències dels cossos aòrtics ho fan per nervi vague. A mesura que disminueix la PO₂ o augmenta la PCO₂ es genera un augment gradual d'aferències al bulb. (18)

Una vegada, modificada la respiració, integrant totes les aferències explicades anteriorment, els axons implicats en la respiració, es projecten des dels nuclis VRG, NTS i Kölliker-Fuse, seguint un trajecte descendent pel cordó anterolateral de la medul·la espinal, fins les neurones frèniques intercostals i musculatura abdominal:

- Vies automàtiques: s'ubiquen a la formació reticular paramediana del bulb i segment pontini, amb una trajectòria descendent pel lateral de la medul·la espinal cervical, propera al tracte espinalàmic.
- Vies voluntàries, s'associen amb els feixos corticoespinals del tronc cerebral i medul·la cervical alta. (20)

1.2.3 Descripció de Volums



En repòs, el ser humà respira entre 12 i 15 vegades al minut, un volum de 500mL d'aire, que per difusió simple, entra 250mL d'O₂ als capil·lars i es desprenen 200mL Co₂ dels alvèols.

El **volum corrent (CV)** és el nom que es dona a la quantitat d'aire que entra a cada inspiració, o surt a cada espiració, és a dir 500mL d'aire.

El **volum de reserva inspiratòria (VRI)** es aquell que inhem de més en una inspiració forçada. Pot arribar als 3000mL

El **volum de reserva espiratòria (VRE)** és aquell que deixem anar de més en una espiració forçada, pot arribar als 1200mL, ja sigui estornut o tos.

L'aire restant, després de la espiració forçada, es el **volum residual (VR)**, valor de 1200mL

La **capacitat vital (CV)** és la suma del volum de reserva inspiratori, espiratori i el volum corrent, amb un valor de 4700mL. Per tant el podem calcular de manera que es fa una espiració forçada, després de realitzar una inspiració completa. En l'espirometria es mesuraria amb el terme **Capacitat Vital Forçada (FVC)**. Aquest terme es fa servir per valorar la força dels músculs toràcics i la funció pulmonar.(23)

El terme **FEV1** es refereix al volum de l'aire espirat en el primer segon d'una espiració màxim, en un adult és de gairebé 4L. Per tant la relació FEV1/FVC es de 80%. Si es veu afectada la relació d'aquests paràmetres, parlariem de malaltia obstructiva. (23)

Els volums pulmonars, com ara la CI i el CVF, reflecteixen aquestes capacitats disminuïdes per a la inspiració completa i l'espiració forçada en persones amb LM. Es demostra correlació progressiva en lesions més altes, en comparació amb toràciques i inferiors, degut a la debilitat del diafragma.

La FEV1 i CVF en persones aparentment sanes es mesuren per detectar l'obstrucció de les vies respiratòries i la malaltia pulmonar restrictiva. En la LM, a causa de la reducció de la força muscular inspiratòria, aquestes mesures es redueixen, especialment en persones amb tetraplegia i demostren una correlació moderada amb el nivell de lesió. Mentre que les lesions incompletes semblen mitigar les pèrdues de FEV1 i FVC. (23,24)

1.3 Les complicacions respiratòries en la Lesió Medul·lar

Les complicacions més comuns són:

- L'**atelèctasi** es defineix com el col·lapse del lòbul sencer o segment pulmonar. Es dona quan els sacs alveolars perden aire i s'omplen de líquid o secrecions. En la LM, es produeix un obstrucció d'aquestes vies per secrecions. La raó per la qual trobem l'acumulació de mucus es dona per la debilitat inspiratòria i la debilitat de la musculatura espiratòria i per tant poca eficiència a l'hora d'expulsar la secreció, generant una curta inhalació i la impossibilitat de fer una espiració forçada. Si no es tracta, l'atelèctasi pot cursar amb hipoxèmia, fins i tot, pot derivar a una pneumònia.(2)
- La **pneumònia** es defineix com la inflamació del parènquima causat per una infecció. La simptomatologia no te perquè cursar amb febre, i els pacients pateixen un augment del volum respiratori, dificultat per respirar i tossir. Normalment causat per la infecció de de *Gram-negative basili* o la inspiració de secrecions pulmonars, contingut estomacal o inspiració d'agents patògens com o *Streptococcus pneumònia*.
- **Edema pulmonar neurogènic**, ho trobem en lesions cervicals altes, la patogènesis es desconeguda, però es tracta d'una descarrega massiva simpàtica, causat per una disreflexia autonòmica, desencadenant una acumulació de fluids alveolars que obstrueixen les vies respiratòries.
- **Insuficiència ventilatòria**: la ventilació alveolar es dona per un equilibri entre la funció neuromuscular i el conjunt de forces (elasticitat pulmonar, elasticitat toràcica, pressió resistiva i secreció). Quan aquesta esta afectada trobem un augment de la PaCO2 dispnea i taquipnea. (2).

Alteracions respiratòries segons el nivell neurològic :

Les alteracions en la respiració en pacient amb LM, son degudes a la debilitat de la musculatura. Aquesta alteració pot cursar des de la impossibilitat de respirar autònomament, fins una debilitat lleu, o la no afectació d'aquesta musculatura; la disfunció dependrà del tipus de lesió i del segment afectat. (19).

Les lesions per sota de T12 no es troben alteracions respiratòries ja que no hi ha afectació dels segments que innerven la musculatura inspiratòria ni espiratòria.

- Les lesions entre T6 – T12, hi ha una pèrdua de funció respiratòria progressiva, que involucra la debilitat per emetre la espiració forçada, com la tos. També s'hi veu involucrada la musculatura intercostal, també es troben alterats els volums d'inspiració.
- Les lesions en nivells T1- T5, hi ha absència de la funció intercostal, amb una clara debilitat en l'activitat inspiratòria-espiratòria. En aquests nivells es produeix la **respiració paradoxal**. Consisteix en una inspiració fent ús únicament del diafragma que es troba intacte i per una debilitat de la musculatura intercostal externa. La carcassa costal es queda en retracció durant la inspiració i impedeix que el diafragma faci el seu recorregut normal, manifestant una ventilació ineficient.
- En nivells cervicals baixos, C5 – C8, hi ha una pèrdua total d'innervació d'intercostals, i per tant cursa amb respiració paradoxal i incapacitat de generar una tos. La inspiració esta preservada, ja que el diafragma es conserva. Tot i així en el tractament de la tetraplegia aguda,

es manté al pacient una setmana amb ventilació assistida ja que els signes respiratoris es manifesten al dia 3 o 4 des de la lesió.

- En nivells cervicals alts, C3-C4, les arrels del nervi frènic es veuen afectats, el diafragma treballarà parcialment, i per tant es veurà disminuït el volum inspiratori. Podem trobar que es recuperen la resta d'arrels del nervi frènic i per tant es podria iniciar l'autonomia en la respiració.
- En lesions de C2 i per sobre, trobem un gran compromís diafragmàtic i es necessitarà ventilació artificial per la supervivència. La única musculatura parcialment no afectada es la musculatura auxiliar, aquests només poden abastar un volum de 100 a 300 mL, amb una tolerància baixa a la fatiga. (19)

Per altra banda, en les lesions toràciques podem trobar traumatisme concomitant de tòrax, conseqüència comuna en lesions medul·lars causades per accidents de trànsit. Es poden trobar fractures de costelles, estèrnum lesions a la pleura i tràquea, entre d'altres(2,25) i per tant, relentitzaran l'inici de la rehabilitació.

2 ANTECEDENTS

2.1 Entrenament muscular Respiratori

L'entrenament muscular respiratori (RMT) és aquell on específicament es treballa sobre la musculatura respiratòria, tant inspiratoris com espiratoris, i modulats segons l'objectiu concret del tractament.

La musculatura respiratòria no deixa de ser estriada, i per tant es pot fer una rehabilitació enfocada a guanyar força i resistència. Com tot entrenament, ens marcarem un objectiu que serà valorat amb escales estandarditzades i valors de referència. (24)

La sessió de rehabilitació consta d'un seguit d'exercicis, en un període de temps i intensitat, amb repeticions, adaptades a cada cas.

Per adaptar l'activitat a cada pacient, es valora la FEM, la CV, PEM i PIM, i es decideix el percentatge sobre el qual s'han de treballar les repeticions.

Per entrenar la resistència, es tracta de bufar en un dispositiu amb un forat, que limita el flux espiratori i per tant augmenta la càrrega de l'entrenament. Els dispositius usats, normalment tenen una vàlvula que limita la funció, inspiratòria o espiratòria i prioritza entrenar selectivament.

Dispositius l·lindars: El més utilitzat és el theresgold: PEmax o PEP (musculatura espiratòria) i Plmax (inspiratòria). Consisteix en posar una carga respiratòria mitjançant aquest dispositiu, que permeten un flux d'aire durant la inspiració i espiració, després d'aconseguir una certa pressió, de tal manera que la musculatura respiratòria s'han d'activar i fer força. Tan mateix amb la Valvula Dual.

2.2 Estimulació Elèctrica Funcional Abdominal

L'estimulació elèctrica funcional abdominal (FES) és un mètode de tractament en el qual un tren d'impulsos elèctric modifica la tensió transmembrana de les fibres i genera un potencial d'acció que es transmet al llarg del nervi motor per activar el múscul diana.

L'elèctrode es col·loca de manera superficial i fa d'interfase entre el sistema elèctric i el físic, així ens permet enregistrar i aplicar un estímul. A través de 2 parells d'electrodes aplicats a la pell i amb gel, de forma bilateral, s'estimula la musculatura amb el neuroestimulador.

Per a la rehabilitació respiratòria, es pot utilitzar l'AFES en una musculatura debilitada des d'una clínica aguda. L'estimulació repetida aporta una millora aguda, immediata i temporal en la funció. (26) Tot i que el més adient es combinar-ho amb exercici físic.

S'apliquen pulsos d'estimulació de 100 μ s a 10mA, amb una freqüència de 30Hz, durant l'entrenament de 15 minuts.

2.3 Estimulació epidural espinal

L'estimulació espinal (SCS) es basa en la implantació d'elèctrodes a l'espai epidural. L'objectiu inicial era el del tractament del dolor crònic, modulant les aferències nociceptives a l'asta dorsal de la medul·la(6,7). Al llarg de la dècada, aquesta tècnica s'ha anat estenent en altres camps com l'espasticitat i trastorns motors. En la marxa per exemple, s'han realitzat estudis en esclerosi múltiple i lesió medul·lar. En aquests darrers estudis tant preclínic com amb humans, la SCS desencadena patrons alternats d'activitat muscular rítmica, reduint l'espasticitat i augmentant el rang articular. (26)

Revisió de paràmetres d'estimulació epidural

DiMarco presenta diferents estudis amb l'ús de la estimulació epidural com a eina de tractament, junt amb l'exercici respiratori per la millora de les funcions:

- Al 2018 (8) Pacients amb LM cervical de més de dos anys d'evolució, portadors d'implant epidural lumbar bipolar a nivell T9-T11. Reben un tractament de 20 setmanes. Els resultats són que troba una millora en la capacitat inspiratòria, la pressió inspiratòria i la pressió expiratòria màxima, en menor diferència.

- Un altre estudi (5), intenta fer una moderació de la respiració completa. En la fase inspiratòria, amb pacients portadors de marcapassos diafragmàtic, i en la fase expiratòria amb SCS.

Te en compte que per a modular la tos necessitem dos nivells d'estimulació: T9-T11 per tossir. L'arrel de L1, dorsal, estimulada de manera monopolar, referia activació a les cames, no desitjat, així que es descarta. De la mateixa manera que fent estimulació monopolar a qualsevol dels tres nivells, es detectava una menor activació, en comparació a dos o tres nivells alhora.

- En termes de paràmetres (3), en aquest últim article ens descriu que l'implant proporciona un estímul bifàsic en amplituds entre 10–40 V, freqüències d'estímul de 2–53 Hz i un pols de 0–0,72 ms.

2.4 Estimulació medul·lar transcutània

Amb l'objectiu de buscar els mateixos beneficis que la SCS, la tSCS evita les seqüeles de la intervenció quirúrgica per a l'implant epidural, ja que és una tècnica no invasiva que actua desde la superfície de la pell. Permet estudiar l'efecte de l'estimulació en localització diversa, així com l'estimulació multinivell. A més, es possible investigar els efectes en subjectes sans. (27)

En la estimulació espinal transcutània hi ha un augment de l'activitat reflex espinal (H-reflex) similar a la SCS epidural. Sota la teoria que la tSCS també activa les aferències propioceptives

de les arrels posteriors o interneurons, podem afirmar que evoca resultats motors facilitant les vies espinals.(26)

Una intensitat d'estimulació baixa dona preferència a un reclutament de fibres aferents de l'indar inferior. Amb més intensitat, es poden arribar a activar més axons motors, i per tant una disminució de la latència de la resposta i una oclusió efecte de les vies aferents. A més de les fibres la aferents, les aferents de menor diàmetre inclòs el grup Ib, les aferents cutànies de diàmetre més gran, les aferents del fus muscular tipus II, altres connexions intraespinals i interneurons poden intervenir en la resposta motora, amb intensitats d'estimulació augmentades.(10)

Aquest mètode es duu a terme col·locant elèctrodes sobre la superfície de la pell, al nivell segmentari medul·lar en el qual vulguem intervenir. S'utilitzen elèctrodes rodons de 2,5cm de diàmetre a la línia mitjana dels cossos vertebrals com a càtode i una placa rectangular col·locada a la cresta ilíaca com a ànode. En l'estudi de Gerasimenko et al (10) descriu que per poder fer una intervenció lliure de dolor, els paràmetres de l'ona ha de tenir unes ràfegues entre 0,3ms i 1ms, amb una freqüència portadora de 10 kHz administrada a 5-40 Hz. En aquest estudi sobre la marxa, es van utilitzar corrents rectangulars bifàsics de 0,5 a 1,0 ms amb una freqüència portadora de 10 kHz i a una intensitat que oscil·lava entre 30 i 200 mA.

Envers la intensitat i freqüència, Megia-Garcia et (26) exposa en alguns estudis que utilitza com a referència el "l'indar de tolerància dels pacients", d'altres ho defineix com "la intensitat necessària per a produir parestèsies a les extremitats inferiors", "estimulació sensorial", "intensitat alta sense desconfort", entre d'altres exemples. Tot i això, el rang emprat oscil·la de 10 a 250 mA.

En l'estudi de Ladembauer et al. (28) conclou que l'estimulació transcutània podria despolaritzar gran part de les estructures que recluten l'estimulació epidural. Es revela que podria reclutar fibres tant sensorials, com motores i interneurons. Per tant, la tSCS pot implicar a diversos elements al llarg de la medul·la, en funció de la localització, intensitat i altres factors moduladors com la forma de l'ona o la freqüència.

Podem concloure que l'estimulació transcutània aplicada aïllada o combinada amb programes de rehabilitació millora la funció motora en els pacients amb lesió medul·lar crònica, tal i com mostren els estudis dels últims 10 anys (26).

El Reflex H i l'Ona M

El reflex de Hoffmann o reflex H, s'evoca a través de l'estimulació cutània del nervi perifèric. El l'indar de despolarització dependrà de la mesura de la fibra, necessitant menys energia aquelles amb que presenten major diàmetre. Aquest estímul elèctric genera un impuls ascendent a través de les fibres aferents Ia. Un cop a la medul·la, farà sinapsis amb motoneurons alfa de l'asta anterior, generant una resposta de contracció muscular.

L'Ona M, és la resposta motora de la musculatura innervada pel nervi perifèric que es estimula. Tal i com està explicat anteriorment, en una estimulació de baixa intensitat es genera el reflex H, però si pugem la intensitat hi haurà un increment de la corrent que despolaritza les motoneurons alfa perifèrica directament i s'observa l'ona M. (26)

El Reflex de l'arrel posterior

El reflex de l'arrel posterior (PRM) es la descàrrega de respostes musculars involuntàries evocades per la estimulació elèctrica de l'arrel posterior. És descriu com un reflex monosinàptic, en el que participen en l'arc reflex una neurona aferent i una motoneurona alfa. Per tant es consideraria un reflex homònim al miotàtic i H. El PRM, s'evoca a través de l'estimulació de les mateixes fibres aferents. S'obté simultàniament diferents músculs, ja que depèn dels nervis espinals del nivell medul·lar estimulat. La corrent arriba a diverses fibres aferents.

La valoració d'aquest reflex podria ser marcador indirecte de la excitabilitat de la xarxa espinal. En musculatura que no podem valorar a través del nervi perifèric, el PRM evocat desde la medul·la dona els resultats necessaris sobre el reflex H i M. (26)

3 OBJECTIUS

- Avaluar els efectes de la tSCS sobre la funció respiratòria, en concret la tos, en pacients amb lesió medul·lar incompleta.
- Explorar si l'estimulació transcutània medul·lar combinada amb l'exercici respiratori augmenta el Flux Espiratori Màxim i Pressió Espiratòria Màxima; i per tant ajuda el pacient a generar una tos productiva, disminuint la morbiditat per infeccions pulmonars o hospitalitzacions.

4 HIPÒTESIS

L'estimulació transcutània medul·lar combinada amb l'exercici respiratori augmenta el volum espiratori forçat, i per tant ajudarà al pacient a generar una tos productiva, i milloraria la força de la musculatura espiratòria; disminuint la morbiditat per infeccions pulmonars o hospitalitzacions.

Hipòtesis alternatives

- L'estimulació transcutània medul·lar combinada amb l'exercici respiratori pot augmentar la capacitat ventilatòria.
- L'estimulació transcutània medul·lar combinada amb l'exercici respiratori millora la percepció de dispnea durant activitats de la vida diària i l'esport.
- L'estimulació transcutània medul·lar combinada amb l'exercici respiratori enforteix la musculatura respiratòria.

5 METODOLOGIA

5.1 Participants

Per aquest estudi reunirem un total de 30 participants.

L'estimació de la mida de la mostra es basa en literatura recent sobre l'ús de la estimulació medul·lar transcutània. En efecte Megía-García et al. (26) en el seu meta-anàlisi recullen 18 estudis recents que han utilitzat aquesta tècnica de manera exitosa, incloent un número de subjectes entre 13 i 34, amb una mitjana de 25 subjectes.

Per tal de ser prudents, considerant un possible “drop-out” del 20% dels participants, hem considerat de incloure en aquest estudi 30 subjectes.

En la taula següent es detallen els criteris d’inclusió i exclusió de l’estudi:

Criteris d’inclusió	Criteris d’exclusió
Lesió medul·lar Crònica (<6 mesos)	Menors d’edat (<18a)
Capacitat de seguiment d’ordres pautades	Fractures costals
LM Toràcic Alt (T1-T7)	Traqueotomia oberta
Lesió medul·lar AIS B-C	Ventilació mecànica
Firmat el <i>consentiment informat</i>	Malaltia pulmonar prèvia a la lesió medul·lar
	Material d’osteosíntesi en la regió estimulada
	Embaràs
	Càncer actiu
	Altres patologies que puguin intervenir

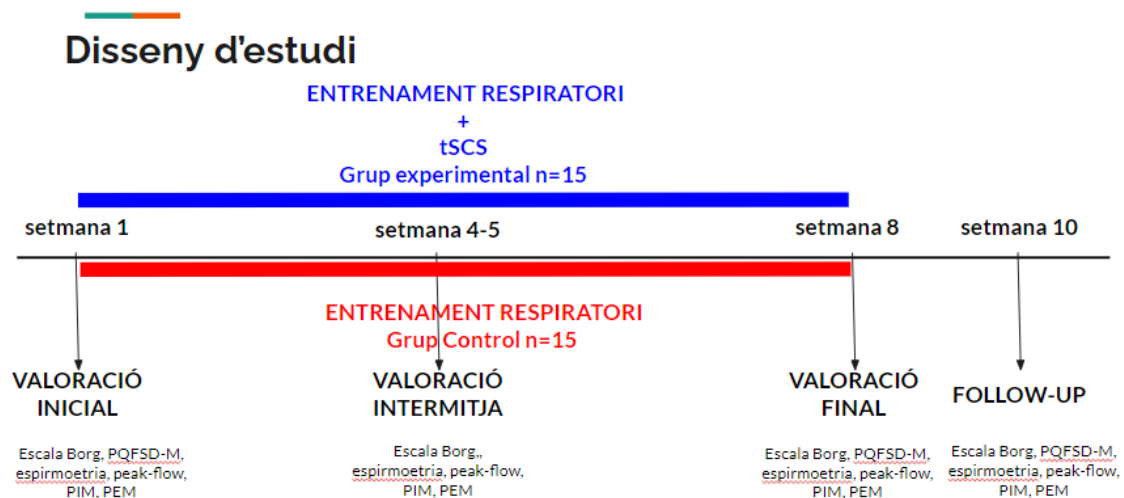
Aspectes ètics: Durant la realització del protocol d’intervenció, es tindrà en compte en tot el Codi Deontològic de Fisioteràpia, així com principis ètics de la persona. Els participants rebran informació relacionada amb el projecte i els possibles efectes secundaris, tal i com s’explica al *Consentiment Informat* que serà firmat pel propi pacient; i respectant la política de confidencialitat de dades.

5.2 Disseny de l’estudi

Es planteja un assaig clínic aleatoritzat amb un Grup Experimental i un Grup Control.

En un període de vuit setmanes rebrà tractament a diari amb un programa d’exercici respiratori de 20 minuts aproximadament, combinat amb l’estimulació transcutània.

Tal i com es pot veure al gràfic següent, es faran diverses valoracions per tal d’obtenir dades des de l’inici, fins al final de l’actuació i amb el follow-up, per evidenciar els efectes de l’estimulació a llarg termini.



A mode de prova pilot, s'ha realitzat un assaig pre-clínic amb un pacient que compleix els criteris descrits, amb l'objectiu de valorar viabilitat de l'estudi. Es realitzen les valoracions inicial i final, i es du a terme l'entrenament respiratori durant 5 dies consecutius amb l'estimulació.

5.3 Procediments

5.3.1 Valoració

Durant l'estudi farem 4 vegades les valoracions amb les mateixes variables:

- La inicial, una setmana abans, per tal de veure en quin estat es troben els pacient que duen a terme l'assaig clínic.
- A la meitat de l'estudi, es farà la valoració intermitja, seguint el mateix procediment que la valoració inicial. En cas que els valors hagin canviat, es tornarà a ajustar la Vàlvula Dual amb la que es treballa.
- Un cop acabada l'última sessió, es realitzarà la valoració final.
- Un cop passades dues setmanes, es farà una valoració de seguiment per tal d'evidenciar el manteniment dels benefici a llarg termini.

En la valoració inicial, només, passarem l'Escala AIS, o bé serà notificat pel propi hospital o el neuròleg de referència.

- **Escala de Borg modificada:** És una escala subjectiva, que mesura la percepció d'esforç, intensitat i volum de l'activitat física del pacient. Ajuda a avaluar el nivell d'exigència. En una escala del 0-10, el pacient especifica el seu estat. (19,29). ([ANNEXE 3](#))
- **Qüestionari de la dispnea:** Mesura l'impacte de la disfunció respiratòria durant activitats en concret, com les AVDs, a través d'Escala Visual Analògica de la dispnea. Aquest qüestionari te en compte la dispnea a altres esferes com l'autocura, mobilitat, alimentació, gestió de la llar, activitats socials i recreatives. (30)([ANNEXE 4](#))
- La **espirometria** es una eina de valoració de la mecànica pulmonar, que permet la quantificació de volum d'aire que pot mobilitzar, en funció del temps. És una prova molt senzilla de realitzar i no invasiva. Podem mesurar la Capacitat Vital Forçada(CVF), el volum espiratori forçat en un o sis segons (FEV1 o FEV6). Es quantifica en Litres. (19)

Al realitzar la prova l'individu haurà de realitzar un màxim de vuit esforços, amb un interval d'un minut en cadascun per evitar complicacions.

Els paràmetres de la espirometria varien segons edat, sexe, pes... per tant la interpretació es basa en la comparació dels valors del pacient amb els que teòricament li correspondrien per les seves característiques antropomètriques. (23,31)

En aquest estudi s'objectivaran els valors amb Spirometer SP10.



Mesurador de pressions màximes

La Pressió Espiratòria Màxima (PEM): es refereix al major flux que s'aconsegueix durant una maniobra d'expiració forçada, després d'una inhalació completa, des de Capacitat Total Pulmonar (TLC). Consisteix en treure a l'exterior un 75-80% de la capacitat pulmonar total.

La Pressió Inspiratòria Màxima (PIM) es la pressió màxima realitzant una inhalació, després d'emetre una expiració forçada, des d'un Volum Residual (VR). Es valoren els 100ms primers. El seu valor s'expressa en L/s.

Tant la PIM com la PEM, son mesures de la capacitat per generar força de la musculatura inspiratòria i espiratòria. Es poden veure afectades, no només per la debilitat muscular sinó també per afectacions al tòrax, del tipus restrictiu. (31)

Per a les variables de la força muscular, la PIM i la PEM, farem ús de MicroRPM de l'empresa Vyaire Medical.



El Flux Espiratori Màxim (FEM) o més conegut com a Peak Espiratory Flow (PEF) en terminologia anglosaxona, és el flux instantani màxim després de fer una inspiració completa. S'expressa en L/min.

Per mesurar el FEM, fem ús **mesuradors de flux**, aquests a l'interior presenten un mecanisme de pistó-motlle o aspa, i quan s'aplica una flux d'aire es mouen. Un cop s'arriba al màxim flux, l'indicador fixa el resultat en una escala de litres per minut. (32)

El valor de la FEM es correlaciona amb la FEV1, el mesurador de peakflow te avantatge respecte l'espirometria ja que no fatiga tant al pacient i és reproduïble a la llar, alhora que la sensibilitat es menor i per tant, una prova de peak-flow no hauria de substituir una espirometria (31,32)

Per a la variable FEM o peak-flow, el mesurador, es pot fer ús d'un broquet o una mascareta.

Taula de valors teòrics de peak-flow . [\(ANNEXE 5\)](#)



5.3.2 Paràmetres de l'estimulació

L'estimulació és durà a terme amb l'estimulador elèctric transcutani NeoStim5. Del qual hi surten cinc canals. Només farem ús dels dos primers, ja que estimulem a dos nivells. De cada canal en surten dos cables, càtode i ànode. El càtode, positiu, de color blau, el col·locarem als nivells intervertebrals corresponents., i ànode, de color vermell. Aquest dispositiu permet fer ús de només d'un ànode per a tots els canals, que es col·locarà sobre l'espina ílica anterosuperior i en horitzontalment cap a l'abdomen.



Nivell d'estimulació a l'espai intervertebral T8 amb estimulació simultània T10.

- Tipus de corrent: Ona monofàsica
- Freqüència de 30 Hz.
- Pols de 1 ms de duració
- Intensitat segons tolerància. Per tal de facilitar amb una activació subumbral de la musculatura abdominal.



Consideracions en l'aplicació de l'estimulació transcutània:

Com a responsable de la intervenció és necessari el manteniment i recanvi dels elèctrodes, així com verificar que la zona de la pell on es col·locaran està absent de ferides cicatrius obertes o cremades.

En tot moment es vetllarà pel confort del pacient, augmentant la intensitat de manera lenta, i observant la resposta.

5.3.3 Paràmetres de l'exercici

Per a l'entrenament de la musculatura respiratòria es farà ús de la Vàlvula Dual Orygen (33).

Es tracta d'un dispositiu portàtil, que permet al pacient realitzar un entrenament simultani de la musculatura inspiratòria i expiratòria.

El dispositiu disposa de dues manetes que permeten regular la resistència tant per la inspiració com a l'expiració independentment.

La càrrega de treball oscil·la d'entre els 0 cmH₂O fins als 80cmH₂O, amb la possibilitat de pujar o baixar la resistència.



Per al nostre estudi, es realitzaran respiracions a un 30% de la PEM, i per tant l'entrada d'aire quedarà lliure, sense resistència addicional, mentre que la sortida dependrà de la valoració inicial.

Per realitzar l'entrenament, el pacient s'haurà de col·locar la pinça nasal i inserir el broquet al dispositiu. Un cop preparada la vàlvula, el pacient introduirà el broquet mossegant els dos piquets que sobresurten i fent que els llavis quedin per fora. Es demanarà al pacient que faci una espiració tan llarga com la inspiració per tal de poder realitzar de manera correcta tota la sèrie i amb menor risc de realitzar hiperventilació.

Durant l'entrenament es realitzaran un total de 15 sèries, amb 10 cicles respiratoris a cadascuna; i un descans d'un minut entre sèrie i sèrie, un cop al dia, durant 8 setmanes.

6 ANÀLISIS I RECOLLIDA DE DADES

Es farà un anàlisi descriptiu de les característiques clíniques i demogràfiques de cada participant junts amb els resultats de cada prova. L'Escala d'AIS en tindrà en compte per discutir els resultats, tant el nivell com la severitat.

Un cop recollides les dades de les quatre valoracions (pre-intervenció, durant, post-intervenció i follow-up), s'introduirà a la base de dades SPSS.

També es realitzarà un anàlisi descriptiu de les variables de l'estudi: l'Escala de Borg, el Qüestionari de la Dispnea, i les proves en relació a la funció respiratòria a través d'espirometria (FVC, FEV1), peak-flow, i l'estudi de la força muscular respiratòria (PIM, PEM). Fent ús de les mesures de descripció univariant com la mitjana i dispersió (desviació estàndard)

En segon lloc, la comparació entre grups de cada variable es realitzarà mitjançant la t-Student o les proves no paramètriques de Mann Whitney segons a la normalitat d'aquestes.

La comparació de la valoració inicial i la final, la inicial i la follow-up i la final i follow-up dins de cada grup es farà mitjançant la T-Student, per aquelles variables contínues distribuïdes normalment, o amb una prova de Wilcoxon-t-test per a les que no es distribueixen de forma normal.

Finalment, per comparar el nivell de millora de cada grup, s'utilitzarà una prova t-Student no aparellada o Mann-Whitney test per les variables no distribuïdes normalment.

Es considerarà un valor significatiu si $p < 0,05$.

Les dades recollides a la valoració mitja no s'utilitzaran en l'estadística, sinó per la graduació de la Vàlvula Dual.

6.1 Resultats preliminars

Descripció del pacient que participa a la Prova Pilot:

Home de 42 anys amb Lesió Medul·lar AIS B a nivell de T2 de 4 mesos d'evolució, actualment ingressat a Hospital Guttman.

S'inicia la intervenció el 13/05/2022, realitzant la valoració inicial dels paràmetres respiratoris.

Es valora també la tolerància a la intensitat de l'estimulació transcutània. Amb una freqüència de 30HZ i una intensitat de 74mA.

	Valoració inicial	Valoració final
FEV1	1,613 L	1,54 L
FVC	2,54 L	2,34 L
PEM	51cm ² H ₂ O	38,33 cm ² H ₂ O
PIM	72cm ² H ₂ O	73,66 cm ² H ₂ O
FEM	306 L/min	440 L/min
Escala Borg	8	8

- Paràmetres d'estimulació: S'introdueix una intensitat subumbral, entre 50 i 60 mA, amb palpació als abdominals per evitar una forta contracció.
- Paràmetres de l'entrenament: S'aplica a la vàlvula Dual una resistència en espiració de 15cm²H₂O, i la inspiració lliure de resistència. Es realitza l'entrenament respiratori durant 5 dies consecutius, 10 series de 10 respiracions.

7 RESULTATS ESPERATS

L'ús combinat de la tSCS a nivell de la musculatura abdominal i intercostal i l'entrenament de la musculatura respiratòria en pacients amb lesió medul·lar alta, produirà una millora en la funció respiratòria en termes de força muscular, flux respiratori i percepció de dispnea i optimitzant de manera proporcional la tos.

S'haurà de tenir en compte que les lesions AIS B hi haurà més dificultat per a guanyar força en la musculatura, ja que no hi ha contracció motora voluntària, en comparació amb AIS C.

De la mateixa manera que en lesions medul·lars de nivells més baixes els resultats poden ser més significatius, ja que la lesió afecta a menor part de la musculatura.

S'espera que a les dues setmanes, en la valoració de Follow-up, es mantinguin els beneficis generats, tant en el Qüestionari de la Dispnea, i per tant una millora en la qualitat de vida, com en el peak-flow i FEV1 que son els valors directament relacionats amb la tos.

Entenem que pel RMT amb la Vàlvula Orygen, la CFV i la PIM es veuran també augmentades, tot i no administrar resistència ni estimular específicament els nivells.

A nivell d'adherència al tractament, s'espera que els pacient acudeixin a la consulta on fer l'estimulació transcutània, sabent que l'estimulació no ha de ser dolorosa i que es treballa per sota de l'umbral.

Referent a l'Assaig Preclínic no s'han obtingut resultats significatius:

- En l'Escala de Borg, no hi ha percepció de canvis. Paral·lelament els professionals trobem un lleuger increment en el volum en el que parla.
- Es pot objectivar una millora en la variable del peak-flow, però la desestimem ja que no va en concordança amb la FEV1.
- Les altres variables es veuen iguals o bé disminuïdes.
- Durant les sessions he pogut presenciar un petit canvi a l'hora de realitzar l'entrenament. El primer dia només va poder realitzar 7 sèries, el segon dia va realitzar-ne 10 i demanant gairebé dos minuts entre series, i finalment, els últims dos dies va aprendre a gestionar-se el temps i va fer les 15 series amb un minut de descans entre elles. Ho podem atribuir a la pràctica amb el nou dispositiu.

8 VALORACIÓ CRÍTICA I CONCLUSIONS

Durant la redacció d'aquest treball he pogut aprofundir en la mecànica de la respiració, tant en persones sanes com en la patologia medul·lar.

He assolit els objectius d'aprenentatge de l'ús d'eines de valoració, i portat a la pràctica, sabent explicar als pacients com realitzar les proves que es requerien. També he "materialitzat" aquest estudi, que havia començat sent una idea molt teòrica, però el fet dur-lo a la pràctica ha millorat el meu coneixement i percepció envers les complicacions respiratòries, així com la facilitat per aplicar de manera correcta aquesta tècnica tant innovadora.

Referent a l'Assaig Preclínic hem pogut verificar la viabilitat del protocol. Durant una setmana d'entrenament respiratori hem identificat diferents punts que s'haurien de millorar de cara a la implementació final de l'estudi. D'entre altres, seria important tenir en compte el moment del dia en la que es fa l'entrenament; haurien de transcórrer dues hores després de l'àpat, ja que en el aquest cas no va ser possible i el pacient va referir en alguns casos símptomes de reflux durant el tractament.

A nivell de paràmetres d'estimulació, es va intentar registrar potencials motors a l'abdomen per objectivar l'activació abdominal. No va ser possible tot i que el pacient te un IMC normal-baix amb poc greix abdominal. Per tant es va decidir que l'estimulació no es faria a un màxim de tolerància ja que la musculatura abdominal protuïa i no deixava fer una bona inspiració, sinó que facilitàvem l'activació de circuits medul·lars a través d'intensitats subumbrals. Durant el tractament, la intensitat ha variat entre 50-60mA.

Seria interessant poder realitzar el tractament dues vegades al dia, amb dues modalitats: o pel propi compte sense estimulació i fent ús de la vàlvula dual, o bé assistint a la consulta per a fer el tractament amb estimulació, tot i que suposaria molta dependència durant vuit setmanes.

En cas de voler seguir duent a terme aquest estudi, hauria d'ampliar els meus coneixements en mètodes d'estadística i recollida de dades per tal de realitzar una anàlisi amb sentit crític.

I finalment, agrair a la Dra Kumru el seguiment del treball, les reunions grupals i meetings, així com l'espai i el material per a dur a terme d'una manera més pràctica la meva proposta; També agrair al pacient que protagonitza l'assaig preclínic la seva participació en aquest treball i la confiança depositada.

9 BIBLIOGRAFIA

1. Levitzky MG. Chapter 1. Function and Structure of the Respiratory System. En: Pulmonary Physiology [Internet]. 8.^a ed. New York, NY: The McGraw-Hill Companies; 2013 [citado 23 de enero de 2022]. Disponible en: accessmedicine.mhmedical.com/content.aspx?aid=57345301
2. Chhabra HS. Chapter 50: Respiratory Complications. En: ISCoS Textbook on Comprehensive management of Spinal Cord Injuries. Wolters kluwer india Pvt Ltd; 2015.
3. DiMarco AF, Geertman RT, Tabbaa K, Polito RR, Kowalski KE. Case report: Minimally invasive method to activate the expiratory muscles to restore cough. *J Spinal Cord Med.* 3 de septiembre de 2018;41(5):562-6.
4. DiMarco AF. Diaphragm Pacing. *Clin Chest Med.* junio de 2018;39(2):459-71.
5. DiMarco AF, Geertman RT, Tabbaa K, Kowalski KE. Complete Restoration of Respiratory Muscle Function in Three Subjects With Spinal Cord Injury: Pilot Interventional Clinical Trial. *Am J Phys Med Rehabil.* enero de 2019;98(1):43-50.
6. DiMarco AF, Kowalski KE, Geertman RT, Hromyak DR, Frost FS, Creasey GH, et al. Lower Thoracic Spinal Cord Stimulation to Restore Cough in Patients With Spinal Cord Injury: Results of a National Institutes of Health–Sponsored Clinical Trial. Part II: Clinical Outcomes. *Arch Phys Med Rehabil.* mayo de 2009;90(5):726-32.
7. DiMarco AF, Kowalski KE, Geertman RT, Hromyak DR. Spinal Cord Stimulation: A New Method to Produce an Effective Cough in Patients with Spinal Cord Injury. *Am J Respir Crit Care Med.* 15 de junio de 2006;173(12):1386-9.
8. DiMarco AF, Geertman RT, Tabbaa K, Nemunaitis GA, Kowalski KE. Restoration of cough via spinal cord stimulation improves pulmonary function in tetraplegics. *J Spinal Cord Med.* 2 de septiembre de 2020;43(5):579-85.
9. Taccola G, Barber S, Horner PJ, Bazo HAC, Sayenko D. Complications of epidural spinal stimulation: lessons from the past and alternatives for the future. *Spinal Cord.* octubre de 2020;58(10):1049-59.
10. Gerasimenko Y, Gorodnichev R, Moshonkina T, Sayenko D, Gad P, Reggie Edgerton V. Transcutaneous electrical spinal-cord stimulation in humans. *Ann Phys Rehabil Med.* septiembre de 2015;58(4):225-31.
11. Huete Garcia A, Diaz Velazquez E. Analisis sobre la lesion medular en España: informe de resultados. Toledo: Federacion Nacional Aspaym; 2012.
12. Lee J, Thumbikat P. Pathophysiology, presentation and management of spinal cord injury. *Surg Oxf.* junio de 2015;33(6):238-47.
13. Ballesteros Plaza V, Marré Pacheco B, Martínez Aguilar C, Fleiderman Valenzuela J, Zamorano Pérez JJ. Lesión de la médula espinal: actualización bibliográfica: fisiopatología y tratamiento inicial. *Coluna/Columna.* 2012;11(1):73-6.

14. Kirshblum SC, Burns SP, Biering-Sorensen F, Donovan W, Graves DE, Jha A, et al. International standards for neurological classification of spinal cord injury (Revised 2011). *J Spinal Cord Med.* noviembre de 2011;34(6):535-46.
15. Hofstoetter US, Freundl B, Binder H, Minassian K. Recovery cycles of posterior root-muscle reflexes evoked by transcutaneous spinal cord stimulation and of the H reflex in individuals with intact and injured spinal cord. *PLOS ONE.* 26 de diciembre de 2019;14(12):e0227057.
16. Netter FH. Atlas de anatomia humana. Barcelona, España: Elsevier Masson; 2007.
17. Schunke M, Schulte E, Schumacher U. Capítulo 2: Organos. En: Prometheus: texto y atlas de anatomia T 2, T 2,. Madrid: Editorial Medica Panamericana; 2006.
18. Barrett KE, Ganong WF, editores. Fisiologia Respiratoria. En: Ganong's review of medical physiology. 23rd ed. New York: McGraw-Hill Medical; 2010. (A LANGE medical book).
19. Chhabra HS. Chapter 30: Respiratory Management. En: ISCoS Textbook on Comprehensive management of Spinal Cord Injuries. Wolters kluwer india Pvt Ltd; 2015.
20. Nogués MA, Benarroch E. Alteraciones del control respiratorio y de la unidad motora respiratoria. *Neurol Argent.* (julio de 2011;3(3):167-75.).
21. Smith JC, Ellenberger HH, Ballanyi K, Richter DW, Feldman JL. Pre-Bötzing Complex: a Brainstem Region that May Generate Respiratory Rhythm in Mammals. . *Science.* noviembre de 1991;254(5032):726-9.
22. Muñoz-Ortiz J, Muñoz-Ortiz E, López-Meraz ML, Beltran-Parrazal L, Morgado-Valle C. Pre-Bötzing complex: Generation and modulation of respiratory rhythm. *Neurol Barc Spain.* septiembre de 2019;34(7):461-8.
23. Rivero-Yeverino D. Spirometry: basic concepts. *Rev Alerg Mex Tecamachalco Puebla Mex* 1993. marzo de 2019;66(1):76-84.
24. Sheel AW, Reid WD, Townson AF, Ayas NT, Konnyu KJ. Effects of Exercise Training and Inspiratory Muscle Training in Spinal Cord Injury: A Systematic Review. *J Spinal Cord Med.* 2008;31(5):500-8.
25. Cotton BA, Pryor JP, Chinwalla I, Wiebe DJ, Reilly PM, Schwab CW. Respiratory complications and mortality risk associated with thoracic spine injury. *J Trauma.* diciembre de 2005;59(6):1400-7; discussion 1407-1409.
26. Megía García A, Serrano-Muñoz D, Taylor J, Avendaño-Coy J, Gómez-Soriano J. Transcutaneous Spinal Cord Stimulation and Motor Rehabilitation in Spinal Cord Injury: A Systematic Review. *Neurorehabil Neural Repair.* enero de 2020;34(1):3-12.
27. Kumru H, Flores Á, Rodríguez Cañón M, Soriano I, García L, Vidal Samsó J. Estimulación no invasiva cerebral y medular para la recuperación motora y funcional tras una lesión medular. *Rev Neurol.* 2020;70(12):461.
28. Ladenbauer J, Minassian K, Hofstoetter US, Dimitrijevic MR, Rattay F. Stimulation of the human lumbar spinal cord with implanted and surface electrodes: a computer simulation study. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng Publ IEEE Eng Med Biol Soc.* diciembre de 2010;18(6):637-45.

29. Scherr J, Wolfarth B, Christle JW, Pressler A, Wagenpfeil S, Halle M. Associations between Borg's rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity. *Eur J Appl Physiol.* enero de 2013;113(1):147-55.
30. Kovelis D, Segretti N, Probst V, Lareau S, Brunetto A, Pitta F. Validation of the Modified Pulmonary Functional Status and Dyspnea Questionnaire and the Medical Research Council scale for use in Brazilian patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Bras Pneumol Publicação Of Soc Bras Pneumol E Tisiologia.* 1 de diciembre de 2008;34:1008-18.
31. Puente Maestú L, García de Pedro J. Las pruebas funcionales respiratorias en las decisiones clínicas. *Arch Bronconeumol.* mayo de 2012;48(5):161-9.
32. Miquel-Gomara Perelló J, Román Rodríguez M. Medidor de Peak-flow: técnica de manejo y utilidad en Atención Primaria. *Medifam [Internet].* marzo de 2002 [citado 23 de enero de 2022];12(3). Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1131-57682002000300006&lng=en&nrm=iso&tlng=en
33. Marco E, Ramírez-Sarmiento AL, Coloma A, Sartor M, Comin-Colet J, Vila J, et al. High-intensity vs. sham inspiratory muscle training in patients with chronic heart failure: a prospective randomized trial. *Eur J Heart Fail.* agosto de 2013;15(8):892-901.

10 ANNEXES

ESCALA AIS (14)

ASIA NORMAS INTERNACIONALES PARA LA CLASIFICACIÓN NEUROLÓGICA DE LESIÓN DE LA MÉDULA ESPINAL (ISNCSCI) **ISCOS**

Nombre del Paciente: _____ Fecha/Hora del Examen: _____
 Nombre Examinador: _____ Firma: _____

DERECHO

MOTOR

MÚSCULOS CLAVE

C2

C3

C4

C5 Flexores del codo

C6 Extensores de muñeca

C7 Extensores de codo

C8 Flexores de los dedos de la mano

T1 Abductores del dedo meñique

T2

T3

T4

T5

T6

T7

T8

T9

T10

T11

T12

L1

L2 Flexores de cadera

L3 Flexores de rodilla

L4 Dorsiflexores de tobillo

L5 Extensores del dedo gordo del pie

S1 Plantiflexores de Tobillo

S2

S3

S4-5

(CAV) Contracción Anal Voluntaria (SI/No)

TOTALES DERECHA (MAXIMO)

PARCIALES MOTORES

ESD + ESI = RMES TOTAL (25)

EID + EII = RMEI TOTAL (25)

NIVELES NEUROLÓGICOS

1. SENSITIVO

2. MOTOR

3. NIVEL NEUROLÓGICO DE LA LESIÓN (NLI)

4. COMPLETA O INCOMPLETA?

5. ESCALA DEFICIENCIA DE ASIA (AIS)

6. ZONA DE PRESERVACIÓN PARCIAL

SENSITIVO

MOTOR

* Puntos Sensitivos Claves

IZQUIERDO

MOTOR

MÚSCULOS CLAVE

C2

C3

C4

C5 Flexores del codo

C6 Extensores de muñeca

C7 Extensores de codo

C8 Flexores de los dedos de la mano

T1 Abductores del dedo meñique

T2

T3

T4

T5

T6

T7

T8

T9

T10

T11

T12

L1

L2 Flexores de cadera

L3 Extensores de rodilla

L4 Dorsiflexores de tobillo

L5 Extensores del dedo gordo del pie

S1 Plantiflexores de tobillo

S2

S3

S4-5

(PAP) Presión Anal Profunda (SI/No)

TOTALES IZQUIERDA (MAXIMO)

PARCIALES SENSITIVOS

TFD + TFI = TF TOTAL (112)

PPD + PPI = PP TOTAL (112)

SENSITIVO

MOTOR

Page 1/2 REV 04/19

ESCALA DE DANIELS

Grado.	Descripción.
5 $\hat{=}$ N (normal)	- Arco completo contra la gravedad y resistencia completa para la edad y sexo, tamaño del paciente.
N - (normal minus)	- Debilidad ligera en el completamiento del arco articular.
G + (buena plus)	- Debilidad moderada en el completamiento del arco articular.
4 $\hat{=}$ G (buena)	- Movimiento contra la gravedad o resistencia moderada al menos 10 veces y sin fatiga.
F+ (regular plus)	- movimiento contra la gravedad varias veces y con resistencia una sola vez la vence.
3 $\hat{=}$ F (regular)	- Arco completo contra la gravedad 5 veces pero sin resistencia.
F - (regular minus)	- Movimiento contra la gravedad, arco completo una vez.
P + (mala plus)	- Arco completo a favor de la gravedad en plano horizontal pero contra cierta resistencia.
2 $\hat{=}$ P (mala)	- Arco completo a favor de la gravedad en plano horizontal pero sin resistencia.
P - (mala minus)	- Arco incompleto a favor de la gravedad.
1 $\hat{=}$ T (residual)	- evidencia de contracción visible o palpable, pero sin movimiento articular.
0 (cero)	- sin contracciones visibles o palpable y sin movimiento.

ESCALA BORG(29)

Valor	Apreciación
0	Nada
0,5	Muy muy leve
1	Muy leve
2	Leve
3	Moderada
4	Algo fuerte
5	Fuerte o intensa
6	-
7	Muy fuerte
8	-
9	Muy, muy fuerte (submáxima)
10	Máxima

Functional Status and Dyspnea Questionnaire (PFSDQ-M)(30)

Dyspnea assessment

Instructions: the following questions are related to your **respiratory distress**. Please, choose the most accurate answer.

1. Have you ever had shortness of breath? Yes () No ()

2. How many times a month do you have severe to extreme shortness of breath? _____

Using the scale below, put a mark on the line between 0 (no shortness of breath) and 10 (extreme shortness of breath) in response to the following questions:

3. Indicate how you felt on **most days** during last year:

Shortness of breath										
None	Mild			Moderate			Severe			Extreme
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

4. Indicate how you feel **today**:

Shortness of breath										
None	Mild			Moderate			Severe			Extreme
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

5. Indicate how you feel during most everyday activities:

Shortness of breath										
None	Mild			Moderate			Severe			Extreme
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Assessment of dyspnea

Instructions: classify the activities below on a scale of 0 to 10 according to the degree of shortness of breath that each activity usually causes. Example: mark the column below the "0" with an "X" if the activity **does not usually cause shortness of breath**; below the "4", "5" or "6" if it causes **moderately severe** shortness of breath and below the "10" if it causes **extreme** shortness of breath. For activities in which you have never engaged, mark no column.

Degree of shortness of breath

Activity	None	Mild			Moderate			Severe			Extreme
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Brushing hair	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2. Raising arms above the head	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3. Bathing	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4. Washing hair	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5. Putting on a shirt	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6. Preparing lunch	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7. Walking up a slope	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8. Climbing up three steps	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9. Walking three meters	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10. Walking on uneven ground	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Assessment of fatigue

Instructions: the following questions are related to how **tired or exhausted** you feel. Please, choose the most accurate answer.

1. Have you ever felt tired or exhausted? Yes () No ()
2. How many times a month do you feel severe to extreme fatigue? _____

Using the scale below, put a mark on the line between 0 (no fatigue) and 10 (extreme fatigue) in response to the following questions:

3. Indicate how you felt on most days during last year:

Fatigue										
None	Mild			Moderate			Severe			Extreme
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

4. Indicate how you feel today:

Fatigue										
None	Mild			Moderate			Severe			Extreme
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

5. Indicate how you feel during most everyday activities:

Fatigue										
None	Mild			Moderate			Severe			Extreme
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Assessment of fatigue

Instructions: classify the activities below on a scale of 0 to 10 according to the degree of fatigue that each activity usually causes you. Example: mark the column below the "0" with an "X" if the activity **does not usually cause fatigue**; below the "4", "5" or "6" if it causes **moderately severe** fatigue and below the "10" if it causes **extreme** fatigue. For activities in which you have never engaged, mark no column.

Degree of fatigue

	None	Mild			Moderate			Severe			Extreme
Activity	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Brushing hair	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2. Raising arms above the head	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3. Bathing	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4. Washing hair	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5. Putting on a shirt	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6. Preparing lunch	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7. Walking up a slope	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8. Climbing up three steps	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9. Walking three meters	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10. Walking on uneven ground	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Assessment of change in activities

Instructions: for each activity, put an "X" in the appropriate square indicating your involvement with the activity now, compared to what it was like before you developed respiratory problems. For example, mark the square in the "0" column if the activity **did not change** after you developed respiratory problems; in the "4", "5" or "6" column if you had to **moderately change** the activity and in the "10" column if you **no longer perform this activity**. If you have never engaged in the activity, mark the first column.

Degree of change

	Never performed	No change	Slight			Moderate			Extreme			Can no longer perform
Activity	---	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Brushing hair	---	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2. Raising arms above the head	---	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3. Bathing	---	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4. Washing hair	---	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5. Putting on a shirt	---	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6. Preparing lunch	---	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7. Walking up a slope	---	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8. Climbing up three steps	---	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9. Walking 3 meters	---	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10. Walking on uneven ground	---	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Interpretació de valors de Peak-flow (32)

Tabla III

INTERPRETACIÓN DEL PEAK-FLOW. VALORES NORMALES TEÓRICOS DEL FLUJO RESPIRATORIO PICO (LITROS/MIN)												
Hombre. Desviación normal 48 l/min												
Edad/ Altura	15 años	20 años	25 años	30 años	35 años	40 años	45 años	50 años	55 años	60 años	65 años	70 años
160 cm	518	568	598	612	613	606	592	578	565	555	544	534
168 cm	530	580	610	623	623	617	603	589	577	566	556	546
175 cm	540	590	622	636	635	627	615	601	588	578	568	558
183 cm	552	601	632	645	646	638	626	612	600	589	578	568
190 cm	562	612	643	656	656	649	637	623	611	599	589	579
Mujeres. Desviación normal 42 l/min												
Edad/ Altura	15 años	20 años	25 años	30 años	35 años	40 años	45 años	50 años	55 años	60 años	65 años	70 años
145 cm	438	445	450	452	452	449	444	436	426	415	400	385
152 cm	450	456	461	463	463	460	456	448	437	425	410	396
160 cm	461	467	471	474	473	470	467	458	449	437	422	407
168 cm	471	478	482	485	484	482	478	470	460	448	434	418
175 cm	481	488	493	496	496	493	488	480	471	458	445	428
Niños. menores de 15 años												
Altura	91 cm	99 cm	107 cm	114 cm	122 cm	130 cm	137 cm	145 cm	152 cm	160 cm	168 cm	175 cm
	100	120	140	170	210	250	285	325	360	400	440	480

Tomado de "Guía semFYC de actuación en Atención Primaria.